

⑤

Int. Cl. 2:

**G 01 B 7/22**

⑯ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



**DE 27 15 831 A 1**

⑩

# **Offenlegungsschrift 27 15 831**

⑪

Aktenzeichen: P 27 15 831.2

⑫

Anmeldetag: 7. 4. 77

⑬

Offenlegungstag: 19. 10. 78

⑭

Unionspriorität:

⑯ ⑰ ⑱

—

⑯

Bezeichnung: Vorrichtung zur kapazitiven Dehnungsmessung

⑰

Anmelder: Electric Power Research Institute, Inc., Palo Alto, Calif. (V.St.A.)

⑱

Vertreter: Vossius, V., Dipl.-Chem. Dr. rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑲

Erfinder: Norris, Elwood B.; Yeakley, Lester M.; San Antonio, Tex. (V.St.A.)

**DE 27 15 831 A 1**

DIPL.-CHEM. DR. VOLKER VOSSIUS  
PATENTANWALT

8 MÜNCHEN 86, 7. APR. 1977  
SIEBERTSTRASSE 4  
P.O. BOX 86 07 67  
PHONE: (0 89) 47 40 75  
CABLE ADDRESS: BENZOLPATENT MÜNCHEN  
TELEX 5-29453 VOPAT D

2715831

5 u.z.: M 162  
Case: 6092-1D

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, INC.  
Palo Alto, California, V.St.A.

10

"Vorrichtung zur kapazitiven Dehnungsmessung"

15

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur kapazitiven Deformationsmessung,  
gekennzeichnet durch mindestens zwei jeweils  
einen Spalt zwischen sich begrenzende Trägerplatten (10, 12,  
20 14), zwei auf der den Spalt begrenzenden Oberfläche einer  
Trägerplatte (12) angeordnete erregbare Kondensatorplatten  
(22, 24, 22', 24'), eine auf der den Spalt begrenzenden  
Oberfläche der anderen Trägerplatte (10, 14) und parallel  
zu den erregbaren Kondensatorplatten (22, 24, 22', 24') an-  
25 geordnete Kondensatormeßplatte (28, 28') und eine Blendenan-  
ordnung (32, 34, 32', 34') zwischen den Kondensatorplatten  
(22, 24 bzw. 22', 24') und der Kondensatormeßplatte (28 bzw.  
28') zur Veränderung der Differenz der Kapazitäten zwischen

L

809842/0134

ORIGINAL INSPECTED

1 den Kondensatorplatten (22, 24) bzw. 22', 24') und der Kondensatormeßplatte (28 bzw. 28') in Abhängigkeit einer Veränderung der Blendeneinstellung.

5 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenanordnung (2) je mindestens eine Durchbrechung (32a bzw. 34a) aufweisende Blendenplatten (32, 34, 32', 34') aufweist, daß sich die Durchbrechungen (32a) der einen Blendenplatte (32, 32') mit den Durchbrechungen (34a) der anderen Blendenplatte (34, 34') überlappen, um dadurch Kondensatorpalte (C1, C2) zu bilden, deren Größe mit der Verschiebung der Blendenplatten (32, 34 bzw. 32', 34') relativ zueinander veränderbar ist, daß die Blendenplatten (32, 34, 32', 34') nach entgegengesetzten Seiten aus dem 10 Spalt herausragen und daß Kupplungsmittel (33, 35, 33') vorgesehen sind, um die aus dem Spalt herausragenden Abschnitte der Blendenplatten (32, 34, 32', 34) mit der Meßoberfläche zu verbinden, in der eine Deformation gemessen werden soll.

15 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplungsmittel ein Paar von Abstandselementen (33, 35, 33') umfassen, die in ihrer Dicke dem Abstand zwischen den jeweils nach außen herausragenden Abschnitten der Blendenplatten (32, 34, 32', 34') und der 25 Meßoberfläche entsprechen.

25 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erregbaren Kondensatorplatten (22, 24, 22', 24') eine Mehrzahl länglicher, parallel

809842/0134

1 und mit einem Abstand zueinander angeordneter fingerartiger Vorsprünge aufweisen, wobei die Vorsprünge einer Kondensatorplatte (22, 22') jeweils zwischen den Vorsprüngen der anderen Kondensatorplatte (24, 24') liegen.

5

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Oszillatoreinrichtung (60) umfaßt, um Wechselstromträgersignale an die erregbaren Kondensatorplatten (22, 24, 22', 24') anzulegen, wobei 10 das an die eine erregbare Kondensatorplatte (22, 22' bzw. 24, 24') angelegte Trägersignal bezüglich des an die andere aktive Kondensatorplatte (24, 24' bzw. 22, 22') angelegten Trägersignals um  $180^\circ$  phasenverschoben ist, und daß ein 15 phasenempfindlicher Detektor (165) vorgesehen ist zur Messung von Größe und Phase der durch die Blendenanordnung hindurch an die Kondensatormeßplatte (28, 28') gekoppelten Signale.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei stapelartig übereinander geschichtete Trägerplatten (10, 12, 14) vorgesehen sind, von denen 20 je zwei einen Spalt zwischen sich definieren, daß in jedem Spalt mindestens ein kapazitätsveränderndes, verschiebbar angeordnetes und aus dem Spalt herausragendes Element angeordnet ist, daß der eine der zwischen je zwei Trägerplatten (10, 12 bzw. 12, 14) ausgebildeten Deformationsmesser (16, 16') 25 gegenüber dem anderen Deformationsmesser (16', 16) um einen vorbestimmten Winkel verdreht angeordnet ist und daß Kupp lungsmittel (33, 35, 33') vorgesehen sind, um die nach außen herausragenden Abschnitte der kapazitätsverändernden Elemente „ 809842/0134

1 mit der Meßoberfläche zu verbinden, in der eine Deformation  
gemessen werden soll.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der vorbestimmte Winkel etwa  $90^\circ$  beträgt, wodurch die Meßachsen der beiden Deformationsmesser (16, 16') orthogonal zueinander verlaufen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsmitte eine Mehrzahl von Abstandselementen (33, 35, 33') umfassen, die in ihrer Dicke dem Abstand zwischen den jeweils nach außen hervorragenden Abschnitten der kapazitätsverändernden Elemente (32, 34, 32', 34') und der Meßoberfläche entsprechen.

15

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Deformationsmesser (16, 16') jeweils mindestens eine erregbare Kondensatorplatte (22, 24, 22', 24') an der Oberfläche einer spaltbegrenzenden Trägerplatte (12) und eine parallel zu der Kondensatorplatte (22, 22', 24, 24') angeordnete Kondensatormeßplatte (28, 28') an der zum Spalt hinweisenden Oberfläche der anderen Trägerplatte (10, 14) aufweisen, wobei das kapazitätsverändernde Element (32, 34, 32', 34') zwischen der Kondensatorplatte (22, 24, 22', 24') und der Kondensatormeßplatte (28, 28') liegt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß mit jeder der erregbaren Kondensator-

1 platten (22, 22', 24, 24') eine Oszillatoreinrichtung (60) zum Erzeugen eines Wechselstromträgersignals verbunden ist und daß ein Detektor (165) vorgesehen ist, um die durch die entsprechenden kapazitätsverändernden Elemente (32, 34, 5 32', 34') hindurch mit den Kondensatormeßplatten (28, 28') gekuppelten Wechselstromträgersignale aufzunehmen.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektorvorrichtung 10 einen mit der Kondensatormeßplatte (28) verbundenen Ladungsverstärker (62) aufweist und daß eine den Ausgang und den Eingang des Ladungsverstärkers (62) miteinander koppelnde Rückkopplungsschleife vorgesehen ist, um ein virtuelles Erdpotential am Verstärkereingang zu erzeugen.

15

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückkopplungsschleife einen Kondensator (66) aufweist.

20

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen phasenempfindlichen Demodulator (165) aufweist, der mit dem Ausgang (64) des Ladungsverstärkers (62) verbunden ist.

25

2715831

5 u.Z.: M 162

Case: 6092-1D

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, INC.

Palo Alto, California, V.St.A.

10

---

"Vorrichtung zur kapazitiven Dehnungsmessung"

---

15 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von Dehnungen oder Spannungen, insbesondere einen biaxialen kapazitiven Dehnungsmesser.

20 Es ist üblicherweise wünschenswert, die auf verschiedene Elemente einer Struktur einwirkenden Belastungen und Kräfte zu bestimmen, um sicherzustellen, daß diese Elemente in der geeigneten Weise konstruiert sind, um den auf sie einwirkenden Belastungen mit einem gewissen Sicherheitsspielraum standhalten zu können. Während in einfachen Strukturen bei Kenntnis der Belastungen die Spannungskräfte leicht berechnet werden können, werden diese Berechnungen für komplizierte Strukturen und/oder unbekannte Lasten unverhältnismäßig komplex und ihre Lösung ist in vielen Fällen praktisch unmöglich. So ist es in vielen Anwendungsbereichen wünschenswert, die Kräfte empirisch zu bestimmen. Im allgemeinen sind die Kräfte einer

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

75

80

85

90

95

100

105

110

115

120

125

130

135

140

145

150

155

160

165

170

175

180

185

190

195

200

205

210

215

220

225

230

235

240

245

250

255

260

265

270

275

280

285

290

295

300

305

310

315

320

325

330

335

340

345

350

355

360

365

370

375

380

385

390

395

400

405

410

415

420

425

430

435

440

445

450

455

460

465

470

475

480

485

490

495

500

505

510

515

520

525

530

535

540

545

550

555

560

565

570

575

580

585

590

595

600

605

610

615

620

625

630

635

640

645

650

655

660

665

670

675

680

685

690

695

700

705

710

715

720

725

730

735

740

745

750

755

760

765

770

775

780

785

790

795

800

805

810

815

820

825

830

835

840

845

850

855

860

865

870

875

880

885

890

895

900

905

910

915

920

925

930

935

940

945

950

955

960

965

970

975

980

985

990

995

1000

1005

1010

1015

1020

1025

1030

1035

1040

1045

1050

1055

1060

1065

1070

1075

1080

1085

1090

1095

1100

1105

1110

1115

1120

1125

1130

1135

1140

1145

1150

1155

1160

1165

1170

1175

1180

1185

1190

1195

1200

1205

1210

1215

1220

1225

1230

1235

1240

1245

1250

1255

1260

1265

1270

1275

1280

1285

1290

1295

1300

1305

1310

1315

1320

1325

1330

1335

1340

1345

1350

1355

1360

1365

1370

1375

1380

1385

1390

1395

1400

1405

1410

1415

1420

1425

1430

1435

1440

1445

1450

1455

1460

1465

1470

1475

1480

1485

1490

1495

1500

1505

1510

1515

1520

1525

1530

1535

1540

1545

1550

1555

1560

1565

1570

1575

1580

1585

1590

1595

1600

1605

1610

1615

1620

1625

1630

1635

1640

1645

1650

1655

1660

1665

1670

1675

1680

1685

1690

1695

1700

1705

1710

1715

1720

1725

1730

1735

1740

1745

1750

1755

1760

1765

1770

1775

1780

1785

1790

1795

1800

1805

1810

1815

1820

1825

1830

1835

1840

1845

1850

1855

1860

1865

1870

1875

1880

1885

1890

1895

1900

1905

1910

1915

1920

1925

1930

1935

1940

1945

1950

1955

1960

1965

1970

1975

1980

1985

1990

1995

2000

2005

2010

2015

2020

2025

2030

2035

2040

2045

2050

2055

2060

2065

2070

2075

2080

2085

2090

2095

2100

2105

2110

2115

2120

2125

2130

2135

2140

2145

2150

2155

2160

2165

2170

2175

2180

2185

2190

2195

2200

2205

2210

2215

2220

2225

2230

2235

2240

2245

2250

2255

2260

2265

2270

2275

2280

2285

2290

2295

2300

2305

2310

2315

2320

2325

2330

2335

2340

2345

2350

2355

2360

2365

2370

2375

2380

2385

2390

2395

2400

2405

2410

2415

2420

2425

2430

2435

2440

2445

2450

2455

2460

2465

2470

2475

2480

2485

2490

2495

2500

2505

2510

2515

2520

2525

2530

2535

2540

2545

2550

2555

2560

2565

2570

2575

2580

2585

2590

2595

2600

2605

2610

2615

2620

2625

2630

2635

2640

2645

2650

2655

2660

2665

2670

2675

2680

2685

2690

2695

2700

2705

2710

2715

2720

2725

2730

2735

2740

2745

2750

2755

2760

2765

2770

2775

2780

2785

2790

2795

2800

2805

2810

2815

2820

2825

2830

2835

2840

2845

2850

2855

2860

2865

2870

2875

2880

2885

2890

2895

2900

2905

2910

2915

2920

2925

2930

2935

2940

2945

2950

2955

2960

2965

2970

2975

2980

2985

2990

2995

3000

3005

3010

3015

3020

3025

3030

3035

3040

3045

3050

3055

3060

3065

3070

3075

3080

3085

3090

3095

3100

3105

3110

3115

3120

3125

3130

3135

3140

3145

3150

3155

3160

3165

3170

3175

3180

3185

3190

3195

3200

3205

3210

3215

3220

3225

3230

3235

3240

3245

3250

3255

3260

3265

3270

3275

3280

3285

3290

3295

3300

3305

3310

3315

3320

3325

3330

3335

3340

3345

3350

3355

3360

3365

3370

3375

3380

3385

3390

3395

3400

3405

3410

3415

3420

3425

3430

3435

3440

3445

3450

3455

3460

3465

3470

3475

3480

3485

3490

3495

3500

3505

3510

3515

3520

3525

3530

3535

3540

3545

3550

3555

3560

3565

3570

3575

3580

3585

3590

3595

3600

3605

3610

3615

3620

3625

3630

3635

3640

3645

3650

3655

3660

3665

3670

3675

3680

3685

3690

3695

3700

3705

3710

3715

3720

3725

3730

3735

3740

3745

3750

3755

3760

3765

3770

3775

3780

3785

3790

3795

3800

3805

3810

3815

3820

3825

3830

3835

3840

3845

3850

3855

3860

3865

3870

3875

3880

3885

3890

3895

3900

3905

3910

3915

3920

3925

3930

3935

3940

3945

3950

3955

3960

3965

3970

3975

3980

3985

3990

3995

4000

4005

4010

4015

4020

4025

4030

4035

4040

4045

4050

4055

4060

4065

4070

4075

4080

4085

4090

4095

4100

4105

4110

4115

4120

4125

4130

4135

4140

4145

4150

4155

4160

4165

4170

4175

4180

4185

4190

4195

4200

4205

4210

4215

4220

4225

4230

4235

4240

4245

4250

4255

4260

4265

4270

4275

4280

4285

4290

4295

4300

4305

4310

4315

4320

4325

4330

4335

4340

4345

4350

4355

4360

4365

4370

4375

4380

4385

4390

4395

4400

4405

4410

4415

4420

4425

4430

4435

4440

4445

4450

4455

4460

4465

4470

4475

4480

4485

4490

4495

4500

4505

4510

4515

4520

4525

4530

4535

4540

4545

4550

4555

4560

4565

4570

4575

4580

4585

4590

4595

4600

4605

4610

4615

4620

4625

4630

4635

4640

4645

4650

4655

4660

4665

4670

4675

4680

4685

4690

4695

4700

4705

4710

4715

4720

4725

4730

4735

4740

4745

4750

4755

4760

4765

4770

4775

4780

4785

4790

4795

4800

4805

4810

4815

4820

4825

4830

4835

4840

4845

4850

4855

4860

4865

4870

4875

4880

4885

4890

4895

4900

4905

4910

4915

4920

4925

4930

4935

4940

4945

4950

4955

4960

4965

4970

4975

4980

4985

4990

4995

5000

5005

5010

5015

5020

5025

5030

5035

5040

5045

5050

5055

5060

5065

5070

5075

5080

5085

5090

5095

5100

5105

5110

5115

5120

5125

5130

5135

5140

5145

5150

5155

5160

5165

5170

5175

5180

5185

5190

5195

5200

5205

5210

5215

5220

5225

5230

5235

5240

5245

5250

5255

5260

5265

5270

5275

5280

5285

5290

5295

5300

5305

5310

5315

5320

5325

5330

5335

5340

5345

5350

5355

5360

5365

5370

5375

5380

5385

5390

5395

5400

5405

5410

5415

5420

5425

5430

5435

5440

5445

5450

5455

5460

5465

5470

5475

5480

5485

5490

5495

5500

5505

5510

5515

5520

5525

5530

5535

5540

5545

5550

5555

5560

5565

5570

5575

5580

5585

5590

5595

5600

5605

5610

5615

5620

5625

5630

5635

5640

5645

5650

5655

5660

5665

5670

5675

5680

5685

5690

5695

5700

5705

5710

5715

5720

5725

5730

5735

5740

5745

5750

5755

5760

5765

5770

5775

5780

5785

5790

5795

5800

5805

5810

5815

5820

5825

5830

5835

5840

5845

5850

5855

5860

5865

5870

5875

5880

5885

5890

5895

5900

5905

5910

5915

5920

5925

5930

5935

5940

5945

5950

5955

5960

5965

5970

5975

5980

5985

5990

599

direkten Messung nicht zugänglich. Vielmehr wird die mit der angreifenden Kraft in einer direkten funktionalen Beziehung stehende Dehnung oder Deformation des Materials unter Verwendung von Dehnungs- oder Spannungsmessern gemessen.

5

Ein Dehnungsmesser oder Dehnungsmefwandler ist eine Vorrichtung, welche eine Änderung einer elektrischen Größe in Abhängigkeit der Spannung oder der Deformation des Materials zeigt, mit dem sie verbunden ist. Der am weitesten verbreitete Typ ist der Widerstandsdehnungsmesser, umfassend einen Draht, der bei Dehnung eine Änderung seines elektrischen Widerstandes zeigt. Dieser Draht des Widerstandsdehnungsmessers wird an der Oberfläche des Materials, in dem eine Spannung gemessen werden soll, so befestigt, daß die auftretende Spannung oder Dehnung eine entsprechende Änderung des Widerstandes hervorruft. Eine geeignete elektronische Schaltung, die üblicherweise eine Wheatstone-Brücke umfaßt, dient dazu, die Änderung des Widerstandes und damit die Dehnung zu erfassen und zu messen.

10 20

Unglücklicherweise zeigen Drähte, welche die wünschenswerten Eigenschaften für eine Verwendung in Widerstandsdehnungsmessern aufweisen, im allgemeinen auch Änderungen des Widerstandes in Abhängigkeit von Temperaturänderungen. Für kurze Zeitabschnitte können diese Änderungen durch eine Temperaturkompensationsschaltung kompensiert werden. Längeres Einwirken von höheren Temperaturen aber kann zu Änderungen des Widerstandes führen, die durch unter der Bezeichnung "thermisches Altern" bekannte Erscheinungen hervorgerufen werden. Diese

1 Änderungen des Widerstandes können im allgemeinen nicht kompen-  
siert werden.

5 Eine andere Art von Dehnungsmessern oder Dehnungsmeßwandlern  
verwendet die Änderung einer Kondensatorkapazität in Abhängig-  
keit der Dehnung oder Spannung als Meßgröße. Die bisherigen  
kapazitiven Dehnungsmesser sind in der Weise ausgebildet, daß  
die operativen Elemente der Vorrichtung der Belastung ausge-  
setzt sind. In diesen kapazitiven Dehnungsmessern und in  
10 Widerstandsdehnungsmessern, bei denen in ähnlicher Weise das  
elektrische Widerstandselement den einwirkenden Kräften aus-  
gesetzt ist, ändern sich die elektrischen Eigenschaften der  
Meßvorrichtungen allmählich bei längerer Einwirkung einer Be-  
lastung als Folge einer permanenten Deformation der belaste-  
15 ten Elemente. Diese Erscheinungen werden allgemein als "Krie-  
chen" bezeichnet. Infolge des Kriechens und des thermischen  
Alterns sind Dehnungsmesser im allgemeinen instabil, wenn sie  
über lange Zeiträume und insbesondere bei hohen Temperaturen  
verwendet werden.

20

Im allgemeinen sind Dehnungsmesser einachsig, d.h. sie reagie-  
ren nur auf Dimensionsänderungen in einer einzigen Richtung.  
Um die Kräfte an einem Punkt genau bestimmen zu können, ist  
es aber notwendig, die Dehnung oder Spannung in mindestens  
25 zwei Richtungen zu messen, woraus sich die wahre Größe und  
Richtung der Spannung bestimmen läßt. Zu diesem Zwecke können  
zwei oder mehr Dehnungsmesser nahe beieinander und mit einer  
bestimmten Winkelstellung zueinander an der zu untersuchenden  
Oberfläche angebracht werden. Diese Annäherung wird ungenau,

1 wenn die tatsächlich gemessenen Spannungen nicht an exakt der gleichen Stelle auftreten. Daher sind im allgemeinen Dehnungsmesser vorzuziehen, die übereinandergeschichtet werden können, um auf diese Weise einen mehrachsigen Dehnungsmesser zu schaffen. Dieser kann auf in unterschiedlichen Richtungen wirkende Spannungen ansprechen, die im wesentlichen an einer und derselben Stelle der zu prüfenden Materialoberfläche registriert werden.

5

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen kapazitiven Dehnungsmesser anzugeben, der eine verbesserte Langzeitstabilität aufweist und im wesentlichen unanfällig ist für thermisches Altern und Kriechen. Ferner soll der kapazitive Dehnungsmesser so ausgebildet sein, daß er für die Herstellung eines mehrachsigen kapazitiven Dehnungsmessers geeignet ist und bei einfacher Bauart zuverlässig und genau arbeitet.

15

20 zur Lösung dieser Aufgaben wird gemäß einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ein zweiachsiger kapazitiver Dehnungsmesser mit einer lamellaren Schichtenstruktur vorgeschlagen, die zwei einachsige kapazitive Dehnungsmesser mit orthogonal zueinander liegenden Messrichtungen definiert. Jeder kapazitive Dehnungsmesser umfaßt aktive durch einen Oszillator erregte Kondensatorplatten und eine Kondensatormeßplatte, die 25 in einem Abstand zu den erregten Kondensatorplatten und parallel zu diesen angeordnet ist. Ein Blendenmechanismus in Form zweier mit Durchbrechungen versehenen Blendenplatten ist zwischen den aktiven Kondensatorplatten und den Kondensatormeßplatten angeordnet. Die Endabschnitte der mit Durch-

25

L 809842/0134

1 brechungen versehenen Blendenplatten ragen aus der Schichtenstruktur und sind mit der Oberfläche verbunden, in welcher eine Spannung oder Dehnung gemessen werden soll. Eine Spannung führt zu einer relativen Verschiebung zwischen den Blendenplatten,

5 - was wiederum eine Änderung der durch die Durchbrechungen hindurch erfolgenden kapazitiven Kopplung zwischen der Kondensatormeßplatte und den aktiven Kondensatorplatten zur Folge hat.

10 Diese Kapazitätsdifferenz steht daher in einer funktionalen Beziehung zu der zu messenden Spannung und wird durch eine geeignete elektronische Vorrichtung registriert und gemessen. In einer besonderen Ausführung werden die aktiven Kondensatorplatten jedes Dehnungsmessers durch zwei in der Amplitude gleiche aber um  $180^\circ$  gegeneinander phasenverschobene Signale erregt. Der von den Blendenplatten gebildete Blendenmechanismus bewirkt infolge der im Material auftretenden Spannung eine Abnahme der Kapazität zwischen der einen aktiven Kondensatorplatte und der Kondensatormeßplatte und gleichzeitig eine Zunahme der Kapazität zwischen der anderen aktiven Kondensatorplatte und der Kondensatormeßplatte. Die resultierende Änderung in den Signalniveaus wird von einem phasenempfindlichen Demodulator aufgenommen, der ein der Spannung proportionales Analogsignal erzeugt.

20

25 Da die den Blendenmechanismus bildenden Blendenplatten des kapazitiven Dehnungsmessers gemäß der vorliegenden Erfindung keinen Spannungskräften ausgesetzt sind, ist die Erscheinung des Kriechens im wesentlichen ausgeschaltet. Ferner werden

alle Kondensatorplatten in einer festen Zuordnung zueinander gehalten, um auf diese Weise die Erscheinungen des thermischen Alterns und Kriechens auf ein Minimum zu reduzieren. Damit erhält man einen kapazitiven Dehnungsmesser mit verbesserter Langzeitstabilität. Die für den zweiachsigen kapazitiven Dehnungsmesser gemäß der vorliegenden Erfindung verwendete elektronische Vorrichtung ist relativ unbeeinflußt von Verstärkerdrift oder Störsignalen. Insbesondere können die Ausgänge des Dehnungsmessers auf einem virtuellen Erdpotential gehalten werden durch Verwendung einer geeigneten negativen Rückkopplungsschleife in Verbindung mit den Verstärkern, die mit den Ausgängen des Dehnungsmessers verbunden sind. Wenn die Kapazitäten zwischen den aktiven Kondensatorplatten und der Kondensatormessplatte nicht im Gleichgewicht stehen, liefert daher der Ausgang des Verstärkers über die Rückkopplungsschleife die notwendige Ladung, um den Eingang auf das virtuelle Erdpotential zu bringen. Wenn die Ausgangsleitungen des Dehnungsmessers auf dem Erdpotential liegen, gibt es keine kapazitive Kopplung zwischen diesen Leitungen und der Erde. So kann ein geerdetes abgeschirmtes Kabel verwendet werden, um die Leitungen gegen Störsignale abzuschirmen. Die Drähte von beiden Kondensatormessplatten des zweiachsigen Dehnungsmessers können in der gleichen Abschirmung geführt werden, ohne daß ein "Übersprechen" stattfindet. Die Kabel können lang ausgeführt sein und eine Umlaufung tragen, ohne daß dabei nachteilige Auswirkungen auftreten.

Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, in der in Verbindung mit den beiliegenden

1 Zeichnungen die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels  
erläutert wird. Es stellen dar:

5 Fig. 1 eine teilweise aufgebrochene perspektivische Ansicht  
eines zweiachsigen kapazitiven Dehnungsmessers gemäß  
einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden  
Erfindung,

10 Fig. 2 einen Querschnitt durch die in Fig. 1 dargestellte  
Vorrichtung,

Fig. 3a und 3b Draufsichten auf die aktiven Kondensatorplatten der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung,

15 Fig. 4 eine teilweise aufgebrochene Draufsicht auf die  
den Blendenmechanismus bildenden Blendenplatten in  
der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung, und

20 Fig. 5 ein schematisches Diagramm des zweiachsigen kapazi-  
tiven Dehnungsmessers gemäß der Erfindung mit der  
zugehörigen elektronischen Schaltung.

25 In den Fig. 1 und 2 erkennt man einen allgemein mit A be-  
zeichneten zweiachsigen kapazitiven Dehnungsmesser gemäß  
einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Der Dehnungs-  
messer A umfaßt drei Trägerplatten oder Lamellen 10, 12 und  
14, die aufeinandergeschichtet sind, wobei jeweils zwei  
Lamellen 10, 12 bzw. 12, 14 einen Spalt zwischen sich be-

1 grenzen. Ein erster einachsiger kapazitiver Dehnungsmesser 16, der auf eine Spannung in einer ersten Richtung oder Achse anspricht, ist in dem Spalt zwischen den einander benachbarten und in einem Abstand zueinander angeordneten Oberflächen der  
5 Lamellen 10 und 12 ausgebildet. In gleicher Weise ist ein zweiter Dehnungsmesser 16' in dem Spalt zwischen den einander benachbarten und in einem Abstand zueinander angeordneten Oberflächen der Lamellen 12 und 14 ausgebildet. Der zweite Dehnungsmesser 16' spricht auf eine Spannung in einer zweiten  
10 Richtung oder Achse an, die in einem rechten Winkel zu der ersten Achse verläuft.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der zweite Dehnungsmesser 16' in seinem Aufbau im wesentlichen  
15 identisch mit dem ersten Dehnungsmesser 16, jedoch gegenüber diesem um 90° versetzt, um dadurch die Meßachsen der Dehnungsmesser 16 und 16' orthogonal zueinander auszurichten. Es wird daher nur der erste Dehnungsmesser 16 im Detail beschrieben, wobei diese Beschreibung auch für den zweiten  
20 Dehnungsmesser 16' gilt. Zum leichteren Verständnis sind die in Verbindung mit dem ersten Dehnungsmesser 16 verwendeten Bezugsziffern in den Zeichnungen auch für entsprechende Elemente des zweiten Dehnungsmessers 16' verwendet worden unter Hinzufügen eines Striches. Das heißt die Elemente 22, 24  
25 usw. des ersten Dehnungsmessers 16 entsprechen Elementen 22', 24' usw. des zweiten Dehnungsmessers 16'.

Der Dehnungsmesser 16 umfaßt zwei aktive Kondensatorplatten

1 22 und 24, die auf der zum Spaltinneren hinweisenden Oberfläche  
der Lamelle 12 angeordnet sind. Die Kondensatorplatten 22 und  
24 werden als aktive Kondensatorplatten bezeichnet, da sie  
durch Signale von der in Verbindung mit dem Dehnungsmesser  
5 verwendeten elektronischen Einrichtung erregt werden. In  
Fig. 3a erkennt man, daß die aktiven Kondensatorplatten 22 und  
24 in einer Ebene liegen und jeweils mit einer Reihe von  
parallel zueinander liegenden länglichen Vorsprüngen oder  
Fingern ausgebildet sind, die an ihrer Basis miteinander ver-  
10 bunden sind. Die Finger der aktiven Kondensatorplatten 22  
und 24 greifen derart ineinander, daß die Finger der aktiven  
Kondensatorplatten 22 und 24 in alternierender Folge parallel  
zueinander in einer Reihe liegen. Wie man aus dem folgenden  
noch genauer erkennen wird, verlaufen die Finger der aktiven  
15 Kondensatorplatten 22 und 24 im wesentlichen senkrecht zur  
Spannungsmeßachse des Dehnungsmessers 16. So erkennt man aus  
Fig. 3b, in der die aktiven Kondensatorplatten 22' und 24'  
des zweiten Dehnungsmessers 16' dargestellt sind, daß die  
Kondensatorplatten 22' und 24' um  $90^\circ$  relativ zu den Konden-  
20 satorplatten 22 und 24 gedreht sind, wodurch die Spannungs-  
meßachse des Dehnungsmessers 16' rechtwinklig zur Spannungs-  
meßachse des Dehnungsmessers 16 verläuft.

Ein Überzug aus einem dielektrischen Material bedeckt die  
25 Kondensatorplatten 22 und 24. Der dielektrische Überzug 26  
dient zur Isolierung der aktiven Kondensatorplatten 22 und  
24 gegenüber den anderen Elementen des Dehnungsmessers 16.  
- Eine Ecke der Kondensatorplatten 22 und 24 ist jeweils nicht

1 isoliert, so daß elektrische Leitungen 38 und 40 an den entsprechenden Kondensatorplatten 22 und 24 befestigt werden können, was üblicherweise durch Punktschweißen erfolgt.

5 Auf der zum Spaltinneren hinweisenden inneren Oberfläche der Lamelle 10 ist eine Kondensatormeßplatte 28 angeordnet. Die Kondensatormeßplatte 28 ist auf diese Weise parallel und in einem Abstand zu den aktiven Kondensatorplatten 22 und 24 gehalten. Die Kondensatormeßplatte 28 hat allgemein eine

10 rechteckige Form, entsprechend dem von den Fingern der Kondensatorplatte 22 und 24 eingenommenen Bereich. Die Kondensatormeßplatte 28 wird so genannt, weil sie mit einer geeigneten elektronischen Vorrichtung zum Messen der Änderung in der Kapazitätsdifferenz der aktiven Platten 22 und 24 verbunden ist. Eine elektrische Leitung 36 ist daher an der Kondensatormeßplatte 28 befestigt, und zwar vorzugsweise durch Punktschweißen an einer Ecke der Kondensatormeßplatte 28. Die Oberfläche der Kondensatormeßplatte 28 ist von einer dielektrischen Schicht 30 bedeckt, ähnlich dem die Kondensatorplatten 22 und 24 bedeckenden dielektrischen Überzug 26,

15 um die Kondensatormeßplatte 28 von den übrigen Elementen des Dehnungsmessers 16 zu isolieren.

Wie man aus den Fig. 2 und 4 erkennt, ist zwischen den aktiven Kondensatorplatten 22 und 24 und der Kondensatormeßplatte 28 ein Blendenmechanismus in Form von mit Durchbrechungen versehenen Blendenplatten 32 und 34 angeordnet. Die Blendenplatten 32 und 34 sind in dem zwischen den Lamellen 10 und 12 definierten Spalt so gelagert, daß sie längs der

1 Spannungsmeßachse des Dehnungsmessers 16 bewegt werden können.  
Die Blendenplatten 32 und 34 erstrecken sich nach entgegen-  
gesetzten Seiten über die Lamellen 10 und 12 hinaus, so daß sie  
mit der Oberfläche verbunden werden können, in der eine Dehnung  
5 oder Spannung gemessen werden soll. Zu diesem Zweck sind an  
den äußeren Enden der Blendenplatten 32 und 34 Distanzelemente  
33 bzw. 35 befestigt. Die Dicke der Distanzelemente 33 und 35  
entspricht dem Abstand zwischen den Blendenplatten 32 und 34  
und der Oberfläche, in der eine Deformation  
10 bzw. Dehnung gemessen werden soll. Daher führt ein Zusammen-  
drücken oder Dehnen der Oberfläche, in welcher eine Spannung  
gemessen werden soll, zu einer Verschiebung der Blendenplat-  
ten 32 und 34 relativ zueinander. Diese Verschiebung wird da-  
zu verwendet, eine Kapazitätsdifferenz zwischen den aktiven  
15 Kondensatorplatten 22 und 24 und der Kondensatormeßplatte 28  
zu erzeugen.

Wie man in Fig. 4 erkennt, weisen die Blendenplatten 32 und  
34 jeweils eine Mehrzahl von rechteckigen Durchbrechungen  
20 auf, die mit 32a bzw. 34a bezeichnet sind. Die Durchbrechun-  
gen 32a und 34a sind parallel zu den Fingern der aktiven  
Kondensatorplatten 22 und 24 ausgerichtet. Wenn die Blenden-  
platten 32 und 34 übereinander liegen, sind die Durchbrechun-  
gen 32a und 34a gegeneinander versetzt und bilden dadurch eine  
25 Vielzahl von länglichen rechteckigen, durch die Platten 32 und  
34 hindurch offenen Durchtrittsschlitzten. Genauer gesagt ist  
jede der Durchbrechungen 32a bezüglich zweier benachbarter  
- Durchbrechungen 34a so zentriert, daß zwei durch die einander

1 Überlappenden Abschnitte der Durchbrechungen 32a und 34a hindurch offene Kondensatorspalte C1 und C2 gebildet sind. Die Zahl der Kondensatorspalte C1 und C2 ist also doppelt so groß wie die Zahl der Durchbrechungen 32a und 34a in den  
5 Blendenplatten 32 bzw. 34.

Auf diese Weise ist eine alternierende Reihe von Kondensatorspalten C1 und C2 gebildet, die sich voneinander in der Weise unterscheiden, daß ihre Abmessungen in entgegengesetzter Weise  
10 variieren, wenn die Blendenplatten 32 und 34 relativ zueinander verschoben werden. So bewirkt eine Einwärtsbewegung der Blendenplatten 32 und 34 eine Verringerung des Kondensatorspaltes C1, während gleichzeitig der Kondensatorspalt C2 vergrößert wird. In dem Dehnungsmesser sind also die Kondensatorspalte C1 nahe den Fingern der Kondensatorplatte 22 angeordnet,  
15 die Kondensatorspalte C2 dagegen nahe den Fingern der Kondensatorplatte 24. Entsprechend führt eine Einwärtsverschiebung der Blendenplatten 32 und 34 zu einer Abnahme der Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 22 und der Kondensatormeßplatte 28, während gleichzeitig die Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 24 und der Kondensatormeßplatte 28 vergrößert wird. In ähnlicher Weise führt eine Auswärtsbewegung der Blendenplatten 32 und 34 zu einer Vergrößerung der Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 22 und der Kondensatormeßplatte 28, wogegen gleichzeitig die Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 24 und der Kondensatormeßplatte 28 verkleinert wird.  
20  
25

L Das Arbeitsprinzip des Dehnungsmessers liegt also darin, daß  
809842/0134

1 jeweils die tatsächliche Kapazität zwischen der Kondensatormeßplatte 28 und der Kondensatorplatte 22 bzw. 24 durch die relative Lage der Blendenplatten bestimmt ist. Die tatsächliche Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 22 und der Kondensatormeßplatte 28 ist der Fläche des Kondensatorpaltes  $C_1$  proportional. Wird nur ein Kondensatorpalt  $C_1$  betrachtet, ergibt sich unter Vernachlässigung von Randeffekten für die Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 22 und der Kondensatormeßplatte 28:

10

$$C_1 = k \cdot x_1 \cdot l_c$$

Dabei ist  $k$  eine Proportionalkonstante, deren Wert vom Plattenabstand und der Dielektrizitätskonstante abhängt.

15 Entsprechend ergibt sich für die Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 24 und der Kondensatormeßplatte 28:

$$C_2 = k \cdot x_2 \cdot l_c$$

20 Für die Kapazitätsdifferenz erhält man daher:

$$C_d = C_1 - C_2 = k l_c \cdot (x_1 - x_2)$$

da aber

$$x_c = x_1 + x_a + x_2$$

25

folgt

$$C_d = k l_c \cdot (2x_1 + x_a - x_c).$$

Dabei ist mit  $l_c$  die Länge eines Schlitzes 34a, mit  $x_a$  die

L Breite eines Steges zwischen zwei einander benachbarten Durch-

809842/0134

1 Überlappendende Abschnitte der Durchbrechungen 32a und 34a hindurch offene Kondensatorspalte C1 und C2 gebildet sind. Die Zahl der Kondensatorspalte C1 und C2 ist also doppelt so groß wie die Zahl der Durchbrechungen 32a und 34a in den 5 Blendenplatten 32 bzw. 34.

Auf diese Weise ist eine alternierende Reihe von Kondensatorspalten C1 und C2 gebildet, die sich voneinander in der Weise unterscheiden, daß ihre Abmessungen in entgegengesetzter Weise 10 variieren, wenn die Blendenplatten 32 und 34 relativ zueinander verschoben werden. So bewirkt eine Einwärtsbewegung der Blendenplatten 32 und 34 eine Verringerung des Kondensatorspaltes C1, während gleichzeitig der Kondensatorspalt C2 vergrößert wird. In dem Dehnungsmesser sind also die Kondensatorspalte C1 nahe den Fingern der Kondensatorplatte 22 angeordnet, 15 die Kondensatorspalte C2 dagegen nahe den Fingern der Kondensatorplatte 24. Entsprechend führt eine Einwärtsverschiebung der Blendenplatten 32 und 34 zu einer Abnahme der Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 22 und der Kondensatormeßplatte 28, während gleichzeitig die Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 24 und der Kondensatormeßplatte 28 vergrößert wird. In ähnlicher Weise führt eine Auswärtsbewegung 20 der Blendenplatten 32 und 34 zu einer Vergrößerung der Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 22 und der Kondensatormeßplatte 28, während gleichzeitig die Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 24 und der Kondensatormeßplatte 28 vergrößert wird. In ähnlicher Weise führt eine Auswärtsbewegung 25 der Blendenplatten 32 und 34 zu einer Vergrößerung der Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 22 und der Kondensatormeßplatte 28, wogegen gleichzeitig die Kapazität zwischen der Kondensatorplatte 24 und der Kondensatormeßplatte 28 verkleinert wird.

Das Arbeitsprinzip des Dehnungsmessers liegt also darin, daß

809842/0134

1 brechungen 32a, mit  $x_c$  die Breite einer Durchbrechung 34a, mit  $x_1$  die Breite eines Kondensatorspaltes  $C_1$  und mit  $x_2$  die Breite eines Kondensatorspaltes  $C_2$  bezeichnet.

5 Die Kapazitätsdifferenz ist also eine Funktion der relativen Lage der Blendenplatten 32 und 34 sowie der Dimensionen der Durchbrechungen 32a und 34a und der Konstante  $k$ .

10 Die Ansprechgenauigkeit des Dehnungsmessers auf eine Relativverschiebung der Blendenplatten 32 und 34 wird ausgedrückt durch:

$$K_x = N \frac{dCd}{dx_1} = 2N \cdot k l_c$$

15 Dabei gibt  $N$  die Anzahl der Durchbrechungen 32a bzw. 34a an, von denen bei der vorstehenden Analyse nur eine betrachtet wurde.

20 Wie oben bereits kurz ausgeführt wurde, ist der zum Dehnungsmesser 16 orthogonal ausgerichtete Dehnungsmesser 16' mit dem Dehnungsmesser 16 hinsichtlich des Aufbaus und der Arbeitsweise im wesentlichen identisch. Natürlich soll der Dehnungsmesser 16' auf orthogonal zur Spannungsmeßachse des Dehnungsmessers 16 gerichtete Deformationen ansprechen und daher sind alle Elemente des Dehnungsmessers 16' gegenüber den entsprechenden Elementen des Dehnungsmessers 16 um  $90^\circ$  gedreht.

25 Im übrigen stimmen Aufbau und Arbeitsweise mit der vorstehenden Beschreibung überein.

1 Der zweiachsige kapazitive Dehnungsmesser A gemäß der bevor-  
zugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt  
Sicherungseinrichtungen gegen Interferenzerscheinungen und  
Störsignale. Insbesondere sind ein Paar von Abschirmplatten  
5 20 an den äußeren Oberflächen der Lamellen 10 bzw. 14 vorge-  
sehen, die an der Abschirmung des Dehnungsmessers A geerdet  
sind. In der gleichen Weise sind die Blendenplatten 32, 34,  
32' und 34' geerdet. Wenn der Dehnungsmesser A auf einer geer-  
deten Metallocberfläche befestigt wird, kann die Erdung der  
10 jeweiligen Platten durch Berührung mit der Oberfläche erfol-  
gen, in der eine Deformation gemessen werden soll. Im anderen  
Fall, wenn der Dehnungsmesser A auf einer isolierten oder  
nicht geerdeten Oberfläche verwendet werden soll, sollten  
Erdungsleitungen zu den Blendenplatten vorgesehen sein. Zu-  
15 sätzlich zu der Abschirmung durch die Abschirmplatten 20 und  
die Blendenplatten 32 bzw. 34 erfolgt eine zusätzliche Isolie-  
rung gegen Interferenzerscheinungen und Störsignale aus der  
Art der elektronischen Einrichtung, die zusammen mit dem  
Dehnungsmesser A verwendet wird und nun im folgenden beschrie-  
20 ben werden soll.

Unter Bezugnahme auf Fig. 5 soll nun die zusammen mit dem  
Dehnungsmesser A verwendete elektronische Einrichtung genauer  
beschrieben werden. Da die Dehnungsmesser 16 und 16' im  
25 wesentlichen unabhängig voneinander sind, ist eine doppel-  
kanalige Ausführung der elektronischen Einrichtung für die  
beiden Dehnungsmesser 16 und 16' vorgesehen, mit der Ausnahme,  
daß ein einziger Signalgeber zum Erregen der Dehnungsmesser

1 verwendet werden kann. Der Dehnungsmesser 16 wird von einem  
5 einen sehr niedrigen Ausgangswiderstand aufweisenden Oszilla-  
tor 60 her durch zwei gegeneinander um 180°-phasenversetzte  
Trägersignale gleicher Amplitude erregt. Die Leitung 38  
10 verbindet also einen ersten Phasenausgang des Oszillators  
60 mit der Kondensatorplatte 22. Entsprechend verbindet die  
Leitung 40 den Ausgang für die zweite Phase (um 180° gegenüber  
der ersten Phase phasenversetzt) des Oszillators 60 mit der  
Kondensatorplatte 24. Da ein einziger Oszillator 60 zur Er-  
15 regung beider Dehnungsmesser 16 und 16' verwendet werden kann,  
sind die Kondensatorplatten 22 und 22' parallel zueinander  
an die Leitung 38 und die Kondensatorplatten 24 und 24'  
parallel zueinander an die Leitung 40 angeschlossen.

15 Der Dehnungsmesser 16 kann mit zwei veränderbaren Kondensa-  
toren verglichen werden, die miteinander in der Weise ge-  
koppelt sind, daß ihre Kapazitäten sich invers zueinander  
ändern, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist. Die Ausgänge  
der beiden Kondensatoren fallen zusammen in der Kondensator-  
platte 28, die mit einer Ausgangsleitung 36 verbunden ist.  
20 Ohne eine erzwungene Spannung oder Deformation sind die  
von den Blendenplatten 32 und 34 gebildeten Kondensator-  
spalte C1 und C2 im wesentlichen identisch in ihrer Größe,  
so daß gleiche Amplituden des ersten in Phase befindlichen  
25 Oszillatorsignales und des zweiten oder phasenversetzten  
Oszillatorsignales mit der Kondensatormeßplatte 28 ge-  
koppelt werden. Die Signale gleicher Amplitude löschen einan-  
der aus, so daß das Ausgangssignal des Dehnungsmessers 16  
bei nicht vorhandener Deformation gleich Null ist. Ein Zu-  
16

1 sammendrücken der Oberfläche, an der eine Deformation gemessen  
werden soll, führt zu einer Verengung der Kondensatorspalte  
C1 und gleichzeitig zu einer Erweiterung der Kondensator-  
schlitze C2. Daraus ergibt sich eine Reduzierung der Amplitude  
5 des durch die Kondensatorschlitz C1 mit der Kondensatormeß-  
platte 28 gekoppelten, in Phase befindlichen Oszillatorsignals  
und gleichzeitig eine Vergrößerung der Amplitude des durch  
die Kondensatorspalte C2 hindurch mit der Kondensatormeßplatte  
28 gekoppelten phasenverschobenen Oszillatorsignal. Eine  
10 Druckdeformation verursacht also ein phasenverschobenes Aus-  
gangssignal an der Ausgangsleitung 36. Entsprechend bewirkt  
eine Dehnungsdeformation die Vergrößerung der Kondensator-  
spalte C1 und eine Verengung der Kondensatorspalte C2, was  
zu einem in Phase befindlichen Ausgangssignal an der Ausgangs-  
15 leitung 36 führt.

Um das an der Ausgangsleitung 36 auftauchende Signal aufzu-  
nehmen und zu messen, ist die Ausgangsleitung 36 an den Ein-  
gang eines Ladungsverstärkers 62 zur Verstärkung des Signals  
20 angeschlossen. Der Ladungsverstärker 62 weist einen Rück-  
kopplungskondensator 66 auf, der den Ausgang 64 mit dem Ein-  
gang an der Ausgangsleitung 36 koppelt. Die durch den Rück-  
kopplungskondensator 66 bewirkte negative Rückkopplung dient  
dazu, die Ausgangsleitung 36 auf einem virtuellen Erdpotential  
25 zu halten. Insbesondere hat also das Auftauchen eines Signals  
in der Ausgangsleitung 36 zur Folge, daß genügend Ladung auf  
den Rückkopplungskondensator 66 zurückfließt, um die Aus-  
gangsleitung 36 auf ein virtuelles Erdpotential zu bringen.  
Durch das Halten der Ausgangsleitung 36 auf einem virtuellen

1 Erdpotential wird die Empfindlichkeit der Anordnung gegenüber einer Änderung der Kabelkapazität und gegenüber Störsignalen weiter vermindert. Darüberhinaus kann die Ausgangsleitung 36 in einem einfachen geerdeten Abschirmkabel ohne nachteilige 5 Auswirkungen geführt werden. Die mit dem orthogonal ausgerichteten Dehnungsmesser 16' verbundene Ausgangsleitung 36' kann in dem gleichen Abschirmkabel parallel zur Leitung 36 verlaufen.

10 15 20 Der Ausgang 64 des Ladungsverstärkers 62 kann mit einem phasenempfindlichen Detektor 165 zur Erzeugung eines einfachen Gleichstromsignales verbunden sein, das proportional zur Kapazitätsdifferenz und damit proportional zur Deformation ist. Der Detektor 165, beispielsweise ein Demodulator, dient dazu, die Wechselstromträgersignale zu eliminieren, die sachliche Amplitudeninformation aber zu erhalten. Der Demodulator ist vorzugsweise phasenempfindlich, um eine Unterscheidung zwischen kompressiven und extensiven Deformationen treffen zu können, die entsprechend der vorstehenden Beschreibung Ausgangssignale entgegengesetzter Phase erzeugen.

25 Für die Konstruktion eines zweiachsigen kapazitiven Dehnungsmessers A entsprechend der vorliegenden Erfindung kann eine Vielzahl von Materialien verwendet werden. Es wurde jedoch gefunden, daß bestimmte Materialien für die Verwendung des Dehnungsmessers in Umgebungen mit hoher Temperatur besonders geeignet sind. So sind die Lamellen 10, 12 und 14 vorzugsweise aus Aluminium hergestellt, während die Kondensatorplatten 22, 24, 22', 24', die Kondensatormeßplatten 28 und 28' L

1 und die Abschirmplatten 20 vorzugsweise aus auf die Oberfläche der Lamellen 10, 12 und 14 aufgedrucktem Platin bestehen. Die Blendenplatten 32, 34, 32' und 34' sind vorzugsweise aus rostfreiem Stahl hergestellt. Die Durchbrechungen 32a, 34a, 32a' und 34a' werden üblicherweise durch ein übliches Fotoätzverfahren erzeugt. Die dielektrischen Isolierschichten 26, 30, 26' und 30' können im wesentlichen von einem dünnen Keramikfilm gebildet sein. Die Leitungen 36, 36', 38 und 40 können aus Nickel hergestellt sein. Alle diese Materialien wurden 10 aufgrund ihres Widerstandes gegen eine Oxidation bei hohen Temperaturen ausgewählt, wodurch die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besonders geeignet ist für die Verwendung in Umgebungen mit hohen Temperaturen. So wurde beispielsweise eine erfindungsgemäße Konstruktion über lange 15 Zeiträume bei Temperaturen von annähernd  $593,6^{\circ}\text{C}$  ( $1100^{\circ}\text{F}$ ) erfolgreich verwendet. Natürlich können auch andere für eine gegebene Umgebung geeignete und die erforderlichen elektrischen Eigenschaften aufweisenden Materialien verwendet werden.

20 Der wesentliche Teil der zwischen den Kondensatorplatten einerseits und der Kondensatormeßplatte andererseits entwickelten Kapazität ist eine Folge des Luftspaltes zwischen den Platten. Der Dehnungsmesser A kann jedoch auch mit irgend einer nicht leitenden Flüssigkeit in dem Spalt zwischen diesen 25 Platten arbeiten, so lange diese Flüssigkeit die Bewegung der Blendenplatten 32, 34, 32' und 34' nicht physisch behindert.

1 Der Dehnungsmesser A gemäß der vorliegenden Erfindung kann in jeder beliebigen Größe gebaut werden. Eine geeignete Ausführungsform weist einen Lamellenstapel von im wesentlichen quadratischem Grundriß auf mit einer Kantenlänge von 12,7 mm  
5 und einer Höhe von 2,31 mm. Eine bevorzugte Nenndicke für alle Platten und Schichten mit Ausnahme der Lamellen 10, 12 und 14 ist 0,0254 mm. Es wurde gefunden, daß bei einer derartigen Konstruktion eine Zahl von vier Durchbrechungen 32a oder 34a  
10 in den Blendenplatten 32 oder 34 geeignet ist. Entsprechend weisen bei dieser Ausführungsform die Kondensatorplatten 22 und 24 jeweils vier längliche Vorsprünge oder Finger auf, wobei vier Kondensatorspalte C1 zur Kopplung der Kondensatorplatte 22 an die Kondensatormeßplatte 28 und vier Kondensatorspalte C2 zur Kopplung der Kondensatorplatte 24 an die Kondensatormeßplatte 28 vorhanden sind. Natürlich können je nach der gewünschten Größe und Form des Dehnungsmessers auch andere Abmessungen und Anzahlen von Durchbrechungen und Spalten verwendet werden.

20

25

- 33 -

Nummer:  
Int. Cl. 2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

27 15 831  
G 01 B 7/22  
7. April 1977  
19. Oktober 1978

2715831

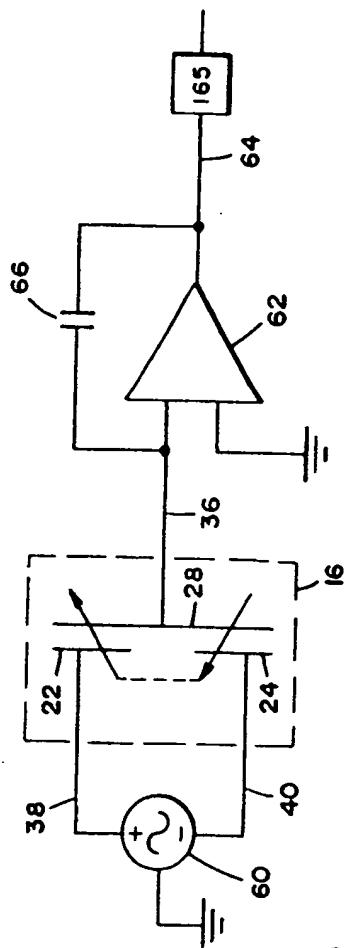
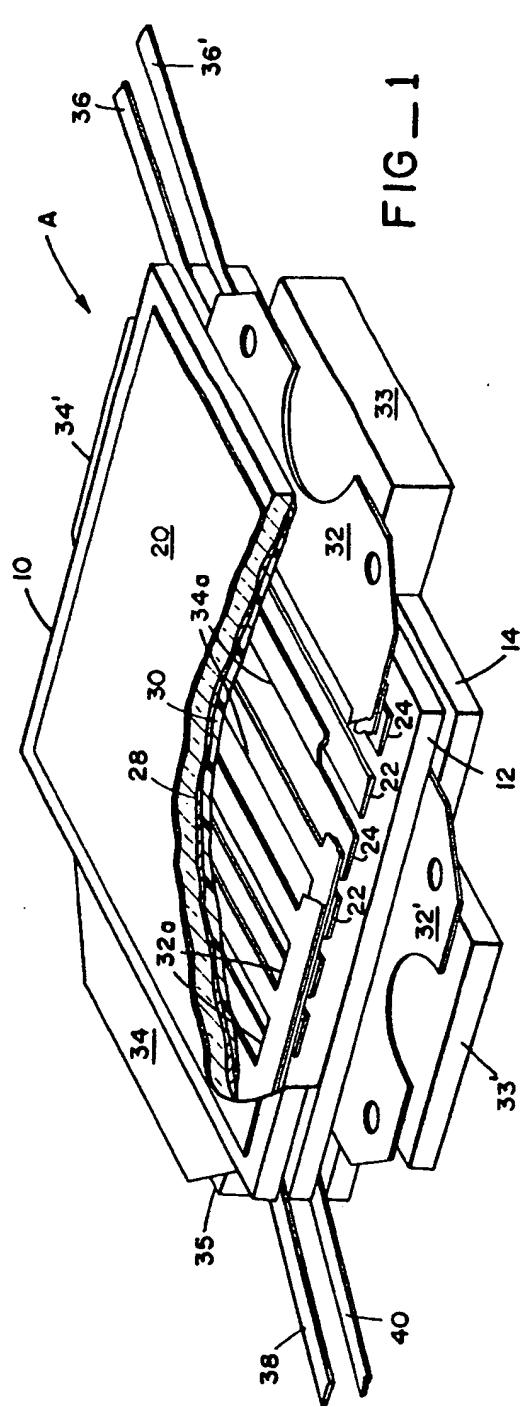


FIG - 5

809842/0134

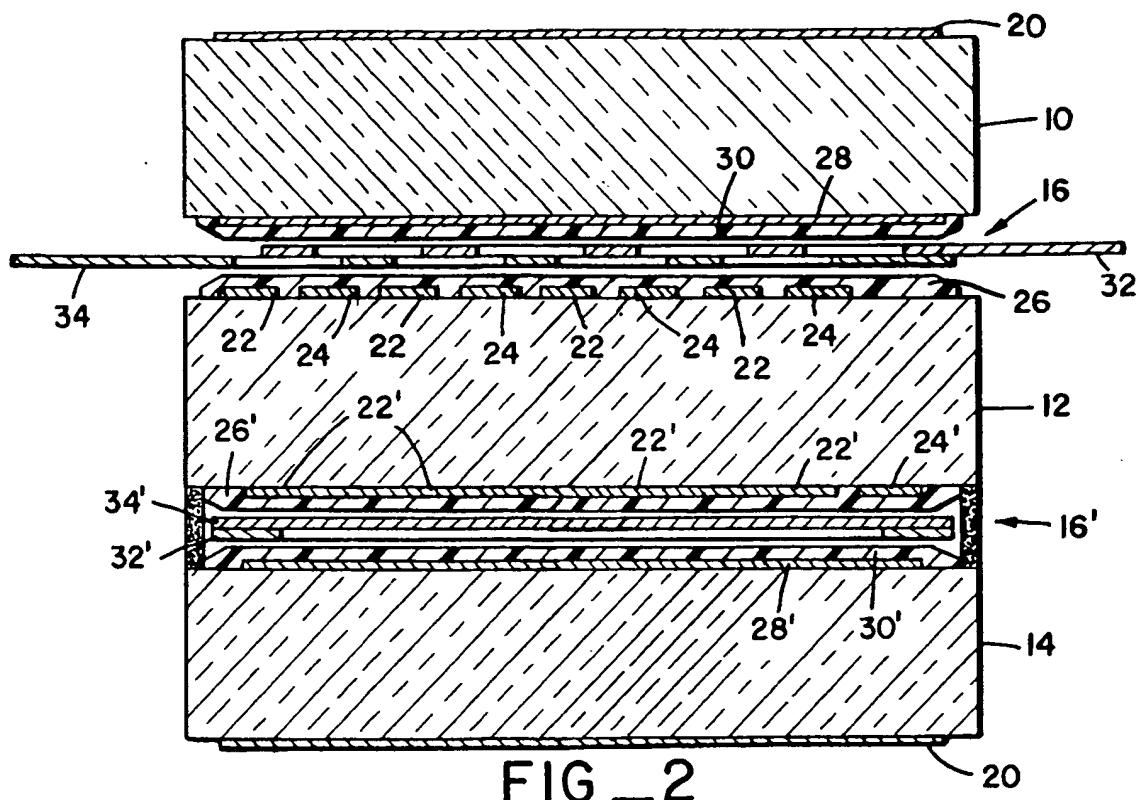
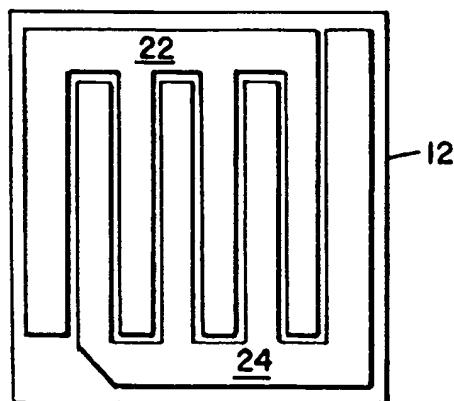
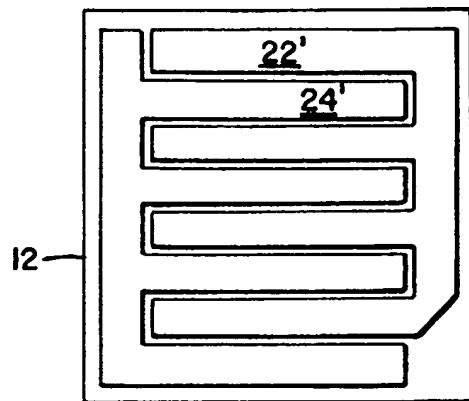


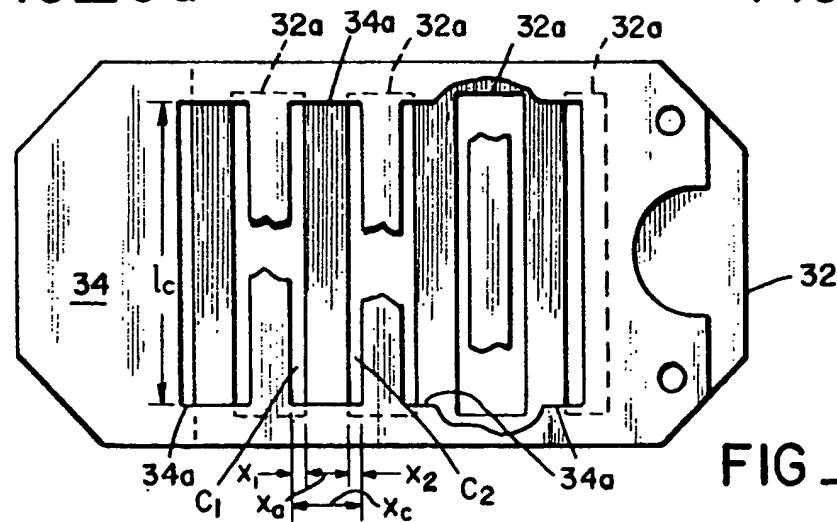
FIG - 2



FIG\_3a



FIG\_3b



FIG\_4